

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. August 2001 (09.08.2001)

PCT

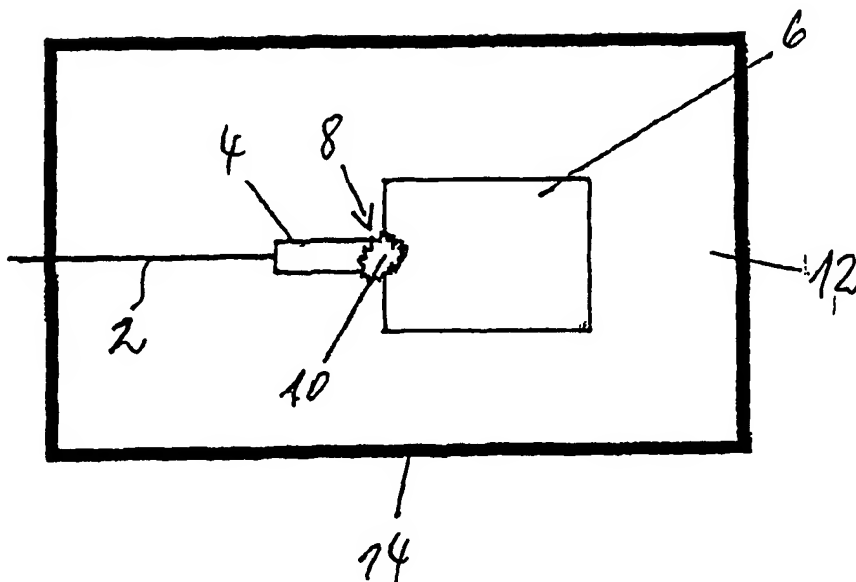
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/57563 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G02B 6/00** (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/00331 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWEIKER, Wolfgang [DE/DE]; Altenburg 9a, 83620 Feldkirchen-West-  
(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Januar 2001 (26.01.2001) erham (DE). RIEF, Angela [DE/DE]; Barerstrasse 75,  
(25) Einreichungssprache: Deutsch 80799 München (DE). ZEIDLER, Günter [DE/DE];  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Erikastrasse 3 a, 82110 Germering (DE). DEUTSCH,  
(30) Angaben zur Priorität: Bernhard [DE/DE]; Jupiterstrasse 15, 83624 Otterfing  
100 04 396.8 2. Februar 2000 (02.02.2000) DE (DE).  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SCC SPECIAL COMMUNICATION CABLES GMBH & CO KG [DE/DE]; Kistlerhofstrasse 170, 81379 München (DE).  
(74) Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER; Steinsdorfstrasse 6, 80538 München (DE).  
(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, KR, US.  
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: IMMERSION AGENT, COUPLING DEVICE AND METHOD FOR COUPLING AN OPTICAL WAVEGUIDE

(54) Bezeichnung: IMMERSIONSMITTEL, KOPPLUNGSANORDNUNG UND KOPPLUNGSVERFAHREN FÜR LICHTWELLENLEITER



(57) Abstract: A transparent elastomer (e.g. silicon rubber) is used as an immersion agent (10) for durable and low-attenuation connection of an optical waveguide (2) to the conductive structures of an optical component (6). The matrix of said elastomer contains a non-cross-linked proportion of a liquid phase (e.g. silicon softeners). The same kind of immersion agent (10) is used in the coupling system. The distance between the end face of the optical waveguide (2) and the coupling surface of the component (6) ranges from approximately 2µm to 20µm. The volume of the immersion agent (10) present at the point of coupling (8) is less than 5µl.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/57563 A2

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**(57) Zusammenfassung:** Als Immersionsmittel (10) zur dauerhaften und dämpfungsarmen Verbindung eines Lichtwellenleiters (2) mit den Leiterstrukturen eines optischen Bauelements (6) dient ein transparentes Elastomer (z.B. Silikonkautschuk), dessen Matrix einen nicht vernetzten Anteil an Flüssigphase (z.B. Silikon-Weichmacher) enthält. Bei der Kopplungsanordnung wird ein derartiges Immersionsmittel (10) verwendet. Der Abstand der Endfläche des Lichtwellenleiters (2) von der Einkopplfläche des Bauelements (6) liegt im Bereich von etwa 2µm bis 20µm, wobei das Volumen des an der Kopplungsstelle (8) vorhandenen Immersionsmittels (10) weniger als 5µl beträgt.

## Beschreibung

Immersionsmittel, Kopplungsanordnung und Kopplungsverfahren  
für Lichtwellenleiter

5

Die Erfindung betrifft ein Immersionsmittel, eine Kopplungs-  
anordnung sowie ein Verfahren zur Kopplung mindestens eines  
Lichtwellenleiters (LWL) an ein optisches Bauelement (Chip)  
bzw. zur Verbindung eines LWL mit einem optischen Bauelement.

10

Eine optische Kopplungsanordnung dient dem Ein- oder Überkop-  
peln von Licht zwischen zwei Lichtwellenleiter-Endflächen,  
beispielsweise zwischen der Endfläche einer aus Kern und Man-  
tel bestehenden LWL-Faser und der gegenüberliegenden Endflä-  
che einer auf einem Chip vorhandenen Wellenleiterstruktur.

15

Derartige Kopplungsanordnungen werden beispielsweise in opti-  
schen Filtern eingesetzt, welche nach dem Phased-Array-Prin-  
zip arbeiten. Diese besitzen eine Einkoppelfläche, in die  
Licht an einer bestimmten Stelle eintritt, wobei die Aus-  
gangswellenlänge des optischen Filters von der geometrischen  
Position der Einkoppelstelle abhängt. Nach dem Phased-Array-  
Prinzip arbeitende optische Filter werden insbesondere als  
Multiplexer oder Demultiplexer im Bereich der optischen Nach-  
richtenübertragung eingesetzt, da sie eine geringe Einfüge-  
dämpfung und eine hohe Nebensprechunterdrückung aufweisen.

20

25

Die deutsche Patentanmeldung DE 44 22 651.9 beschreibt ein  
sog. Phased-Array-Filter, dessen Mittelwellenlänge durch Po-  
sitionieren der das Licht in die Chip-Wellenleiterstruktur  
einkoppelnden LWL-Faser festgelegt und damit genau justiert  
werden kann. Dies geschieht durch Verschiebung der Wellenlei-  
terendflächen relativ zueinander.

30

Es wurde bereits vorgeschlagen, die Position der Endfläche  
des LWL gegenüber der Einkoppelfläche des Chips dadurch zu

35

verändern, dass ein längenveränderliches Element die Faser trägt und diese dadurch parallel zu der Ausdehnungsrichtung des längenveränderlichen Elements verschoben wird.

5 Um eine optische Kopplung zwischen einem LWL, einem LWL-Bändchen oder Faserarray und einem aktive und/oder passive Elemente enthaltenden optischen Bauelement zu realisieren, müssen die LWL in einer definierten Position bezüglich der Einkoppelfläche des Chips gehalten und mit der entsprechenden  
10 Wellenleiterstruktur verbunden werden. Dies erfolgt gewöhnlich durch direktes Verkleben der Faserenden mit dem Chip. In den oben genannten Fällen ist jedoch eine direkte Verklebung oder Verschweißung der Faserenden mit dem Chip nicht erwünscht, da dies die erforderliche Relativbewegung zwischen  
15 der Faser und dem Chip verhindern würde. Um die Einfügedämpfung zu verbessern und die Leistungsschwankungen zu verringern hat man bisher ein Immersionsmittel zwischen Faser und Chip eingebracht. Als Immersionsmittel findet insbesondere ein beständiges Gel, beispielsweise ein additionsvernetzter  
20 Silikonkautschuk Verwendung. Der Silikonkautschuk besteht dabei aus zwei Komponenten, deren Mischungsverhältnis 1:1 beträgt, so dass der Kautschuk nach dem Einbringen völlig aushärtet. Das Aushärten wird für notwendig erachtet, um ein Wegfließen der Immersion zu verhindern.

25

Da sich zwischen der Faser und ihrer Faserhalterung einerseits und dem Chip andererseits ein abgeschlossenes Volumen ausgebildet, entstehen im Immersionsgel beim Abkühlen durch Schrumpfung Risse beziehungsweise Vakuolen (Vakuumbäschen),  
30 welche die Einfügedämpfung des Bauteils deutlich erhöhen. Zusätzlich gefördert wird die Rissbildung noch durch die oben erwähnte Relativbewegung zwischen Faser und Chip.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine eine  
35 niedrige Einfügedämpfung aufweisende optische Kopplung zwi-

schen einem Lichtwellenleiter, beispielsweise einer Faser oder einem Faserarray, und einem optischen Bauelement/Chip bereitzustellen.

- 5 Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Immersionsmittel zur Kopplung von Lichtwellenleitern mit einem optischen Chip dadurch gekennzeichnet, dass ein transparentes Elastomere als Immersionsmittel dient, wobei die Reißdehnung des Elastomers größer ist als 300% und sein Elastizitätsmodul einen Wert kleiner als 200 N/cm<sup>2</sup> aufweist. Die Immersion ist daher so weich  
10 eingestellt, dass im Fall einer Abkühlung genügend Gel aus den Randbereichen der Immersion nachfließt und sich keine zu Rissen und Vakuolen führende Spannungen aufbauen können. Andererseits ist das Immersionsmaterial nicht so flüssig, dass  
15 es aus dem zwischen Lichtwellenleiter und Chip vorhandenen Volumen ausfließen kann, so dass sichergestellt ist, dass das Immersionsmaterial während der gesamten Lebensdauer des Bauteils in diesem Zwischenraum verbleibt.
- 20 Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix des Immersionsmittels einen nicht vernetzten Anteil an Flüssigphase enthält. Durch entsprechende Einstellung des Mischungsverhältnisses, beispielsweise eines Zweikomponenten-Immersion  
25 sionsmittels, kann somit das Immersionsmittel in der gewünschten Weise weich eingestellt werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersion  
30 sionsmittel einen Flüssigphasenanteil von 1 bis 10% einer Immersionsflüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck enthält. Die Zugabe eines Flüssigphasenanteils ist eine einfache Alternative zur Erzeugung eines Immersionsmittels mit den eingangs erwähnten Eigenschaften.

35

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass als Immersionsflüssigkeit ein Immersionsöl oder ein in Abhängigkeit von dem Elastomere gewählter Weichmacher dient, wobei das Immersionsmittel auf einfache Weise durch Zugabe des Immersionsöls einstellbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmittel Silikonkautschuk ist, und dass die Immersionsflüssigkeit ein Silikon-Weichmacher, insbesondere Silikonöl, ist. Da der Silikonkautschuk eine ausgeprägte Klebrigkeit auch im nicht vollständig vernetzten Zustand besitzt, ist eine Stabilität der Kopplung des Bauteils über seine gesamte Lebensdauer gewährleistet.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmittel Epoxyacrylat ist, und dass die Immersionsflüssigkeit ein Epoxyacrylat-Weichmacher, insbesondere Polyisobutylene, ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmittel Urethanacrylat ist, und dass die Immersionsflüssigkeit ein Urethanacrylat-Weichmacher, insbesondere Polyisobutylene, ist.

Bei den beiden zuletzt genannten Immersionsmitteln handelt es sich um sogenannte strahlungsvernetzende Elastomere, die eine vorteilhafte Alternative zu Silikonkautschuk darstellen. Auch diese Immersionsmittel können die von dem erfindungsgemäßen Immersionsmittel geforderten Eigenschaften haben.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass die Immersionsflüssigkeit oder der Weichmacher ein aliphatisches oder aromatisches Öl ist, so dass eine Reihe von Weichmachern zur  
5 Verfügung steht, wobei der spezielle Weichmacher nach den jeweiligen Randbedingungen ausgewählt werden kann.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass der Sili-  
10 konkautschuk aus zwei Komponenten besteht, wobei das Mischungsverhältnis der Komponenten 0,5:1 bis 0,9:1 beträgt. Bei Silikonkautschuk, beispielsweise bei dem Silikonkautschuk WACKER SilGel® 612 der Fa. Wacker-Chemie GmbH, wird ein Mischungsverhältnis der Komponenten von 1:1 empfohlen, um eine  
15 vollständige Vernetzung des Silikonkautschuks zu erreichen. Wenn dieses Mischungsverhältnis in der angegebenen Weise geändert wird, wird ein Silikonkautschuk erhalten, der die erfindungsgemäß geforderte Weichheit besitzt.

20 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmittel eine Klebekraft pro Fläche größer als die Hälfte der Materialbruchspannung des Elastomers aufweist, wobei in vorteilhafter Weise sichergestellt wird, dass das Immersions-  
25 mittel sich bei einem Schrumpfungsprozess nicht von den Koppelungsfläche der Faser beziehungsweise des Chips ablöst.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass der Ein-  
30 frierpunkt/Glasübergangspunkt des Immersionsmittels  $T_g$  unterhalb von 0°C liegt. Dadurch wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass das Immersionsmittel über dem gesamten Betriebs-temperaturbereich der Kopplung die gewünschten elastischen Eigenschaften aufweist.

35

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Immersionsmittels ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brechungsindex des Immersionsmittels einen Wert zwischen  $n = 1,3$  und  $n = 1,7$ , insbesondere zwischen  $n = 1,4$  und  $n = 1,5$ , aufweist. Durch diese Wahl des Brechungsindexes wird die Kopplungsanordnung optimal auf die Brechungsindizes der Fasern beziehungsweise des Chips abgestimmt und die Kopplungsdämpfung entsprechend reduziert.

10 Zur Lösung der oben genannten Aufgabe ist eine Anordnung zur Kopplung von Lichtwellenleitern, beispielsweise optischen Fasern oder einem Faserarray, mit einem optischen Bauelement /Chip dadurch gekennzeichnet, dass

- 15 (a) ein Immersionsmittel der oben genannten Art verwendet wird, dass
  - (b) der Abstand von einer Endfläche des Lichtwellenleiters zu einer Kopplungsfläche des Chips  $2\mu\text{m}$  bis  $20\mu\text{m}$  beträgt, und dass
  - (c) das Volumen des an der Kopplungsstelle angebrachten Immersionsmittels kleiner als  $5\mu\text{l}$  beträgt.
- 20

Bei Versuchen hat sich gezeigt, dass sowohl die Eigenschaften des Immersionsmittels als auch die räumlichen Verhältnisse im Bereich der Kopplungsanordnung, also insbesondere der Abstand der Lichtwellenleiter von der Kopplungsfläche des Chips und das Volumen an Immersionsmittel, die Güte der Kopplung und die Lebensdauer der Kopplungsanordnung beeinflusst. Die Bildung von Rissen beziehungsweise Vakuolen kann durch diese Anordnung in vorteilhafter Weise weiter verringert werden, wenn

25 der Abstand einer Kopplungsfläche des Lichtwellenleiters zu der Kopplungsfläche des Chips zwischen  $2\mu\text{m}$  und  $20\mu\text{m}$  liegt, und wenn das Volumen des an der Kopplungsstelle angebrachten Immersionsmittels unter  $5\mu\text{l}$  liegt. Wenn der Abstand zwischen den Kopplungsflächen kleiner als  $2\mu\text{m}$  ist, besteht die Gefahr,

30 dass sich die Kopplungsflächen berühren oder dass die Reibung

35



zwischen den Kopplungsflächen so groß ist, dass sich das Immersionsmittel von den Kopplungsflächen löst. Wenn der Abstand größer als 20µm ist, nimmt die Dämpfung durch das Immersionsmittel erheblich zu. Andererseits wird durch Einhalten dieser Parameter sichergestellt, dass bei einem Schrumpfungsprozess genügend Immersionsmittel von außen in den Raum zwischen den Kopplungsflächen einfließen kann, so dass die Vakuolenbildung vermieden wird.

- 10 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung, wobei die Lichtwellenleiterfaser zur Kopplung in einer Ferrule angeordnet ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Faser in einer Ferrule gehalten ist und dass die Ferrule an ihrer Stirnseite einen reduzierten Durchmesser
- 15 aufweist, und dass die Kopplungsfläche des Chips ebenfalls reduziert ist. Auf diese Weise wird erreicht, dass der Abstand von dem Randbereich des Volumens zwischen den beiden Kopplungsflächen und der Mitte dieses Bereiches kleiner wird, so dass das Gel bei einem Schrumpfungsprozess eventuell auftretende Spannungen besser und schneller ausgleichen kann, um
- 20 Risse und Vakuolenbildung zu vermeiden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinrichtung von einer Vergussmasse umgeben ist, die die gleichen Bestandteile wie das Immersionsmaterial hat, jedoch härter eingestellt, insbesondere vollständig vernetzt, ist. Durch Eingießen der Kopplungsstelle werden mechanische Stoßbeanspruchungen und Vibrationen nur noch gedämpft auf die Kopplungsanordnung übertragen. Wenn die Vergussmasse aus demselben Immersionsmaterial wie das Immersionsmaterial für die

25 Kopplung ist, beispielsweise ebenfalls aus Silikonkautschuk, wird in vorteilhafter Weise eine chemische Verträglichkeit der beiden Materialien erreicht, die sich nur in dem Grad der

30 Aushärtung oder in einer Zugabe an Weichmacher im Falle des

35

Immersionsmittels an der Kopplungsstelle unterscheiden. Außerdem sind die Ausdehnungskoeffizienten der beiden Materialien im Wesentlichen gleich groß, so dass bei Ausdehnungs- oder Schrumpfungsprozessen keine zusätzlichen Druck- oder  
5 Zugkräfte auf das Immersionsmaterial an der Kopplungsstelle ausgeübt werden. Schließlich wird durch die Vergussmasse in vorteilhafter Weise das elastomere Immersionsmaterial gegen Abfließen geschützt.

10 Zur Lösung der oben genannten Aufgabe ist ein Verfahren zur Kopplung von Lichtwellenleitern, beispielsweise optischen Fasern oder einem Faserarray, mit einem optischen Chip dadurch gekennzeichnet, dass

- 15 (a) ein Lichtwellenleiter beziehungsweise eine damit verbundene Ferrule auf einen Abstand von 2 bis 20µm an eine Kopplungsfläche des Chips herangeführt wird, dass
- (b) ein Immersionsmaterial der oben genannten Art zubereitet wird, dass
- (c) das Immersionsmaterial in einer Menge von etwa 5µl an  
20 der Kopplungsstelle abgegeben wird, und dass
- (d) man das Immersionsmaterial entsprechend dem Mischungsverhältnis aushärten läßt.

Durch Einhaltung der räumlichen Beziehung zwischen der Kopplungsfläche des Lichtwellenleiters und der Kopplungsfläche  
25 des Chips, das heißt durch die Auswahl des Abstandes zwischen diesen Kopplungsflächen, wird ohne großen Aufwand bei dem Kopplungsverfahren erreicht, dass es bei einem Schrumpfungsprozess oder Ausdehnungsprozess auch während des Betriebs der  
30 Kopplungsanordnung zu einer erheblichen Risse- oder Vakuolenbildung kommt. Das Kopplungsverfahren selbst ist dabei so einfach wie beim Stand der Technik, so dass kein zusätzlicher Aufwand zur Umsetzung der Erfindung erforderlich ist. Die  
Einhaltung eines größeren Abstandes zwischen den Kopplungs-  
35 flächen widerspricht im Übrigen der bisherigen Übung, wobei

man versucht hat, die beiden Kopplungsflächen möglichst nahe beieinander anzuordnen, um die Ankopplung des Lichtstrahls von dem Lichtwellenleiter in den Chip zu verbessern. Überraschenderweise wird jedoch diese Kopplung schlechter, wenn der  
5 Abstand zwischen den Kopplungsflächen zu gering ist, weil dann andere mechanische und Spannungseinflüsse sich dahingehend auswirken, dass das Immersionsmaterial keine hinreichende optische Kopplung mehr zwischen der Faser und dem Chip herstellen kann.

10

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aushärten des Immersionsmaterials eine Vergussmasse um die Kopplungsstelle gegossen wird, die die gleichen Bestandteile wie  
15 das Immersionsmaterial hat, jedoch härter eingestellt, insbesondere vollständig vernetzt, ist. Da das gleiche Grundmaterial zum Verguss des Bauteils und auch als Immersionsmaterial für die Kopplung verwendet wird, muss dieses Material lediglich in verschiedene Härten einstellbar sein, um sich für  
20 diesen Zweck zu eignen. Durch Verwendung des gleichen Grundmaterials werden nicht nur die oben erwähnten Vorteile erreicht, sondern auch die Lagerhaltung verbessert, da keine unterschiedlichen Materialien für die beiden Verwendungszwecke bevorratet werden müssen.

25

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass man das Immersionsmaterial beziehungsweise die Vergußmasse bei Betriebsnormaltemperatur aushärten läßt. Damit wird in vorteilhafter Weise vermieden, dass das Material bei einer Temperatur aushärtet, die  
30 sich erheblich von der Betriebsnormaltemperatur unterscheidet, so dass bereits schon dann Spannungen auf das Bauteil ausgeübt werden, wenn das Bauteil von der Produktionsstätte an die Stelle verbracht wird, wo es eingesetzt werden soll.  
35 Diese Spannungen kommen dann noch zu den „normalen“ Span-

nungsbeanspruchungen hinzu, die dann im Betrieb des Bauteils auftreten. Wenn das ursprüngliche Aushärten des Bauteils bei der Betriebsnormaltemperatur stattgefunden hat, wird die Risse- und Vakuolenbildung auch in den Fällen am Betriebsort geringer sein, wenn sich das Bauteil zwischenzeitlich in Umgebungen mit unterschiedlichen Temperaturen befunden hat.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmaterial, dessen Matrix einen Anteil an Flüssigphase enthält, dadurch hergestellt wird, dass ein an der Kopplungsstelle angebrachtes, voll ausgehärtetes Immersionsmaterial mit einem Weichmacher behandelt wird. Durch dieses Verfahren können in vorteilhafter Weise bereits vorhandene Kopplungsanordnungen gegen zukünftige Risse und Vakuolenbildung geschützt werden. Mit anderen Worten wird durch Aufbringen eines geeigneten Öls oder einer anderen Weichmacherflüssigkeit auf ein ausgehärtetes Immersionsmaterial erreicht, dass das Immersionsmaterial in einen Zustand gebracht wird, der sich für die erfindungsgemäßen Zwecke eignet.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass als Immersionsöle aliphatische oder aromatische Öle verwendet werden. Auch bei dem nachträglichen Konditionieren des Immersionsmaterials für die Zwecke der Erfindung eignen sich diese Öle, so dass der gewünschte Zweck ohne größeren Zusatzaufwand erreicht werden kann.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Zeichnung beschrieben, in der schematisch eine Kopplungsanordnung zur Kopplung einer Lichtwellenleiterfaser mit einem optischen Bauelement/Chip dargestellt ist.

Die Figur zeigt eine Kopplungsanordnung zwischen einer in einer Ferrule 4 verankerten optischen Faser 2 und einem integrierten optischen Bauelement, das heißt einem Chip 6 mit anzukoppelnden Wellenleitern (nicht gezeigt). An der Kopplungsstelle 8 ist ein Immersionsmittel oder Immersionsgel 10 vorgesehen, dessen Volumen von etwa 5µl oder kleiner den Zwischenraum zwischen der Stirnseite der Faser 2 beziehungsweise der Ferrule 4 und der Kopplungsfläche an dem Chip 6 sowie einen diesen Kopplungsbereich umgebenden Randbereich ausfüllt.

10 Die Teile der Kopplungsanordnung sind durch eine Vergussmasse 12 in einem Gehäuse 14 vergossen.

Das Immersionsmaterial 10 hat folgende Eigenschaften:

15 Es hat einen Brechungsindex zwischen 1,3 und 1,7, vorzugsweise zwischen 1,4 und 1,5.

Es ist ein transparentes Elastomer mit einer Reißdehnung über 300%. Die Reißdehnung kann durchaus bei Werten von 1000% liegen. Bei den eingangs erwähnten Kopplungsanordnungen, die eine Bewegung zwischen der Faser und dem Chip zulassen, kommen seitliche Verschiebungen zwischen den beiden Kopplungsflächen von 30 bis 40µm vor. Bei einem Abstand der beiden Kopplungsflächen von 3µm ergibt sich eine Reißdehnung von etwa 1000%.

25

Das Immersionsmaterial hat einen Elastizitätsmodul unter 200N/cm<sup>2</sup>, vorzugsweise unter 100N/cm<sup>2</sup>.

Das Immersionsmaterial hat einen Einfrierpunkt/Glasübergangspunkt  $T_g$  unter 0°C.

Das Immersionsmaterial hat die geforderte Weichheit beziehungsweise Klebrigkeit dadurch, dass, beispielsweise im Fall von Silikonkautschuk, das Mischungsverhältnis der beiden Komponenten zu 0,5:1 bis 0,9:1 gewählt wird. Alternativ kann ein

35

Flüssigphasenanteil an Weichmacher oder Immersionsöl in einer Menge von 0% bis 10% der Menge des Immersionsmaterials zugegeben werden, wobei die Immersionsflüssigkeit einen niedrigen Dampfdruck hat.

5

Das Immersionsmittel hat eine Klebekraft je Fläche gegenüber Quarzglas von mindestens der Hälfte der Materialbruchspannung des Elastomeres.

10 Die Schichtdicke des Immersionsmaterials zwischen den Kopplungsflächen beträgt zwischen 2µm und 20µm, während die gesamte Länge des Immersionsmaterials pro Faserkopplung unter 5µm liegt.

15 Das Material der Vergussmasse ist das gleiche Grundmaterial wie das Immersionsmaterial, wobei die Vergussmasse jedoch vollständig ausgehärtet ist. Durch die Vergussmasse wird in vorteilhafter Weise das elastomere Immersionsmaterial gegen Abfließen geschützt.

## Patentansprüche

1. Immersionsmittel zum Koppeln mindestens eines Lichtwellen-  
leiters mit einem optischen Bauelement,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das Immersionsmittel ein transparentes Elastomere ist, dessen  
Reißdehnung größer als 300% und dessen Elastizitätsmodul  
kleiner als 200 N/cm<sup>2</sup> ist.
- 10 2. Immersionsmittel nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Matrix des Immersionsmittels einen nicht vernetzten An-  
teil an Flüssigphase enthält.
- 15 3. Immersionsmittel nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
der Flüssigphasenanteil 1 bis 10% einer Immersionsflüssigkeit  
mit niedrigem Dampfdruck beträgt.
- 20 4. Immersionsmittel nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Immersionsflüssigkeit Immersionsöl oder ein in Abhängig-  
keit von dem Elastomere gewählter Weichmacher ist.
- 25 5. Immersionsmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das Immersionsmittel Silikonkautschuk ist, und dass die Im-  
mersionsflüssigkeit ein Silikon-Weichmacher, insbesondere Si-  
likonöl, ist.
- 30 6. Immersionsmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das Immersionsmittel Epoxyacrylat ist, und dass die Immer-  
sionsflüssigkeit ein Epoxyacrylat-Weichmacher, insbesondere  
35 Polyisobutylen, ist.

7. Immersionsmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Immersionsmittel Urethanacrylat ist, und dass die Immer-  
5 sionsflüssigkeit ein Urethanacrylat-Weichmacher, insbesondere  
Polyisobutylen, ist.

8. Immersionsmittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 der Weichmacher ein aliphatisches oder aromatisches Öl ist.

9. Immersionsmittel nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Silikonkautschuk aus zwei Komponenten gemischt ist, wobei  
15 das Mischungsverhältnis der Komponenten 0,5:1 bis 0,9:1 be-  
trägt.

10. Immersionsmittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 das Immersionsmittel eine Klebekraft pro Fläche gegenüber  
Glas aufweist, die größer als die Hälfte der Materialbruch-  
spannung des Elastomeres ist.

11. Immersionsmittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Einfrierpunkt/Glasübergangspunkt des Immersionsmittels  $T_g$   
unter 0°C liegt.

12. Immersionsmittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Brechungsindex des Immersionsmittels 1,3 bis 1,7, insbe-  
sondere 1,4 bis 1,5, beträgt.



13. Anordnung zur Kopplung mindestens eines Lichtwellenleiters mit einem optischen Bauelement,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

- 5 (d) ein Immersionsmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 12 verwendet wird, dass
- (e) der Abstand (d) von einer Endfläche des Lichtwellenleiters zu einer Kopplungsfläche des Bauelements  $2\mu\text{m}$  bis  $20\mu\text{m}$  beträgt, und dass
- 10 (f) das Volumen des an der Kopplungsstelle angebrachten Immersionsmittels kleiner als  $5\mu\text{l}$  ist.

14. Anordnung nach Anspruch 13, wobei die Lichtwellenleiterfaser zur Kopplung in einer Ferrule angeordnet ist,

- 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
- die Ferrule an ihrer Stirnseite einen reduzierten Durchmesser aufweist, und dass die Kopplungsfläche des Bauelements ebenfalls reduziert ist.

- 20 15. Anordnung nach Anspruch 13 oder 14,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
- die Kopplungseinrichtung von einer Vergussmasse umgeben ist, die die gleichen Bestandteile wie das Immersionsmaterial hat, jedoch härter eingestellt, insbesondere vollständig vernetzt,
- 25 ist.

16. Verfahren zur Kopplung mindestens eines Lichtwellenleiters mit einem optischen Bauelement,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

- 30 (e) ein Lichtwellenleiter beziehungsweise eine damit verbundene Ferrule auf einen Abstand von 2 bis  $20\mu\text{m}$  an eine Kopplungsfläche des Bauelements herangeführt wird, dass
- (f) ein Immersionsmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zubereitet wird, dass

- (g) das Immersionsmaterial in einer Menge von etwa 5µl an der Kopplungsstelle deponiert wird, und dass
- (h) man das Immersionsmaterial entsprechend dem Mischungsverhältnis aushärten läßt.

5

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
nach dem Aushärten des Immersionsmaterials eine Vergussmasse  
um die Kopplungsstelle gegossen wird, die die gleichen Be-  
10 standteile wie das Immersionsmaterial hat, jedoch härter ein-  
gestellt, insbesondere vollständig vernetzt, ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
15 man das Immersionsmaterial beziehungsweise die Vergußmasse  
bei Betriebsnormaltemperatur aushärten läßt.

19. Verfahren nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 das Immersionsmaterial, dessen Matrix einen Anteil an Flüssigphase enthält, dadurch hergestellt wird, dass ein an der Kopplungsstelle angebrachtes, voll ausgehärtetes Immersionsmaterial mit einem Weichmacher behandelt wird.

25 20. Verfahren nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
als Immersionsöle aliphatische oder aromatische Öle verwendet werden.

